

PRESENTACIÓN MURAL

Fotometría de Washington de NGC 2161, SL 874 y KMHK 1719: historia de formación de cúmulos estelares en la Nube Mayor de Magallanes

A.E. Piatti^{1,4}, J.J. Clariá^{3,4}, M.C. Parisi^{3,4}, A.V. Ahumada^{2,4,5}

(1) Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Buenos Aires

(2) Observatorio Europeo del Sur, Santiago, Chile

(3) Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba

(4) CONICET

(5) Observatorio Astronómico de Bologna, Italia

Abstract. Using Washington photometry, we determine linear radii, ages and metallicities of NGC 2161, SL 874 and KMHK 1719, three unstudied star clusters of the Large Magellanic Cloud (LMC). These clusters were found to be intermediate-age (~ 1 Gyr) and relatively metal-poor ($[\text{Fe}/\text{H}] \sim -0.7$). By combining our results with others from the literature, we examine the age distribution of LMC clusters older than 1 Gyr. Two main cluster formation episodes were detected. The present cluster age distribution was compared to star formation rates analytically derived in previous studies. A detailed version of this work can be seen in Piatti et al. (2011).

Resumen. Usando fotometría de Washington, determinamos radios lineales, edades y metalicidades de NGC 2161, SL 874 y KMHK 1719, tres cúmulos estelares sin estudios previos de la Nube Mayor de Magallanes (NMM). Encontramos que los tres son de edad intermedia ($\sim 10^9$ años) y relativamente pobres en metales ($[\text{Fe}/\text{H}] \sim -0.7$). Combinando nuestros resultados con otros de la literatura, examinamos la distribución de edades de los cúmulos de la NMM más viejos que 10^9 años. Detectamos dos principales episodios de formación de cúmulos y comparamos nuestros resultados con tasas de formación estelar derivadas analíticamente en estudios previos. Una versión detallada de este trabajo puede verse en Piatti et al. (2011).

1. Parámetros fundamentales de NGC 2161, SL 874 y KMHK 1719

Este trabajo representa la continuación de un estudio sistemático de cúmulos de la NMM que venimos realizando con el telescopio de 0.9 m de Cerro Tololo (Chile), usando un detector CCD de 1024x1024 píxeles y el sistema fotométrico de Washington. En este estudio usamos magnitudes T_1 y colores $C - T_1$ para determinar radios lineales, edades y metalicidades de NGC 2161, SL 874 y KMHK 1719, tres cúmulos del disco exterior de la NMM nunca antes estudiados. Los perfiles de densidad estelar de los cúmulos fueron determinados en base a

recuentos estelares y ajustes de distribuciones gaussianas, siguiendo el procedimiento descrito por Piatti et al. (2009a). Aceptando que la NMM está a 50 kpc del Sol (Saha et al. 2010), los radios lineales resultantes son (24 ± 3) pc, (14 ± 2) pc y (7 ± 2) pc para NGC 2161, SL 874 y KMHK 1719, respectivamente.

Para filtrar las estrellas del campo de los diagramas color-magnitud (CM) observados, aplicamos un procedimiento estadístico el cual consiste, primeramente, en adoptar 3 diagramas CM del campo construidos en regiones ubicadas a cuatro veces el radio de los cúmulos. Luego, efectuamos recuentos estelares en estos diagramas en diferentes rangos de magnitud-color y restamos las estrellas contadas de los respectivos diagramas CM de los cúmulos. De esta manera, eliminamos aquellas estrellas cuyas magnitudes y colores tienen valores muy próximos a los de las estrellas del campo. Detalles del método pueden verse en Piatti et al. (2011).

El enrojecimiento que afecta a cada cúmulo fue estimado usando los mapas de Burstein & Heiles (1982). La absorción interestelar resultó bastante uniforme en las regiones de los 3 cúmulos, oscilando los valores de $E(B - V)$ entre 0.08 y 0.13 magnitudes. Las edades y metalicidades fueron primeramente determinadas en base al ajuste de isócronas teóricas de Girardi et al. (2002) en los diagramas $(T_1, C - T_1)$, previamente descontaminados. Usamos además las relaciones $E(C - T_1) = 1.97E(B - V)$ y $M_{T_1} = T_1 + 0.58E(B - V) - (V - M_V)$ (Geisler & Sarajedini 1999). En cada caso, adoptamos la edad de la isócrona que mejor reproduce las características del respectivo diagrama CM. Las edades y metalicidades resultantes de los ajustes se muestran en la Tabla 1.

Determinamos también edades en base al parámetro δT_1 - calculado como la diferencia en magnitud T_1 entre el “clump” y el punto de desvío de la secuencia principal en el diagrama $(T_1, C - T_1)$ - y la ecuación (4) de Geisler et al. (1997). Las edades resultantes muestran buen acuerdo con las obtenidas a partir de los ajustes de isócronas y ambas reproducen la escala de Piatti et al. (2009b), adoptada para examinar la historia de formación de los cúmulos de la NMM. Finalmente, aplicando el método propuesto por Geisler & Sarajedini (1999), estimamos en forma independiente las metalicidades de los 3 cúmulos. Los valores resultantes fueron corregidos por efectos de edad siguiendo las prescripciones dadas por Geisler et al. (2003). Tanto las edades como las metalicidades obtenidas a partir de los diferentes métodos muestran muy buen acuerdo. Los 3 cúmulos son claramente de edad intermedia ($\sim 10^9$ años) y relativamente pobres en metales.

2. Distribución de edades de cúmulos estelares de la Nube Mayor

Combinando los presentes resultados con los existentes en la literatura, disponemos de 45 cúmulos de la NMM con edades iguales o mayores que 10^9 años, determinadas prácticamente en la misma escala. Para construir el histograma de edad, tuvimos en cuenta que las incertidumbres en edad para los cúmulos jóvenes son de unos pocos millones de años, mientras que para los más viejos son de unos pocos miles de millones de años. Por lo tanto, para los cúmulos jóvenes resulta

apropiado usar pequeños intervalos de edad, mientras que para los más viejos es razonable usar intervalos mayores. Dado que los errores típicos en edad $\Delta \log(t)$ yacen en el intervalo $0.05 \leq \Delta \log(t) \leq 0.10$, construimos el histograma de edad usando intervalos de $\Delta \log(t) = 0.10$. Existe otra fuente de incertidumbre en el número de cúmulos por intervalo de edad que depende de la edad usada para definir el límite inferior del histograma. Por esta razón, construimos 4 histogramas diferentes partiendo desde $\log(t) = 8.90, 8.95, 9.00$ y 9.05 , respectivamente. La Fig. 1 muestra el histograma promedio resultante. Nótese que si bien los 4 histogramas fueron contruidos usando intervalos de edad $\Delta \log(t) = 0.10$, el de la Fig. 1 incluye intervalos de edad de 10^9 años. Esta figura demuestra que el sistema de cúmulos de la NMM ha experimentado dos principales procesos de formación de cúmulos, con máximos ocurridos hace $\sim 2 \times 10^9$ años y 13.5×10^9 años, siendo el primero más prominente y más limitado en el tiempo. Se aprecia además que luego del nacimiento del sistema de cúmulos de la NMM, hubo un largo período de $\sim 9 \times 10^9$ años durante el cual los procesos de formación de cúmulos disminuyeron notablemente. Más tarde, hace unos 4×10^9 años, ocurrió un abrupto cambio en la pendiente del histograma de edad reflejado en la repentina aparición de un exceso de cúmulos. Finalmente, comparamos la presente distribución de edad de los cúmulos más viejos que 10^9 años con las tasas de formación estelar derivadas analíticamente por de Grijs & Anders (2006) y Harris & Zaritsky (2009), respectivamente. Los primeros autores mostraron que la tasa de formación de cúmulos en la NMM ha sido aproximadamente constante fuera del bien conocido intervalo de quietud ($3 < t(\times 10^9 \text{ años}) < 13$). En la Fig. 2 (panel superior) hemos superpuesto los resultados obtenidos por de Grijs & Anders (2006) a los nuestros, debidamente escalados. El acuerdo es bastante satisfactorio, siempre que no consideremos los cúmulos muy viejos. En el panel inferior comparamos los resultados de Harris & Zaritsky (2009) con los de este trabajo. También en este caso el acuerdo es satisfactorio.

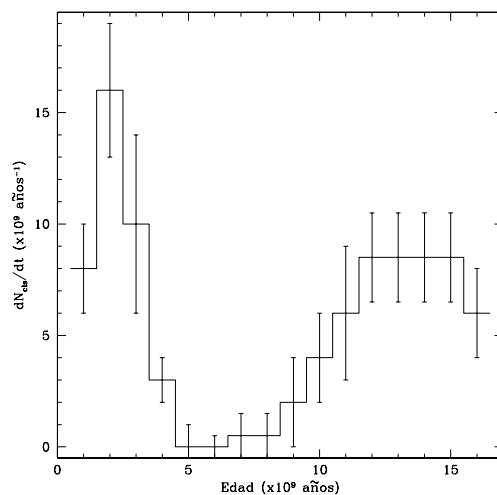


Figura 1. Distribución de las edades de 45 cúmulos bien estudiados de la NMM más viejos que 10^9 años.

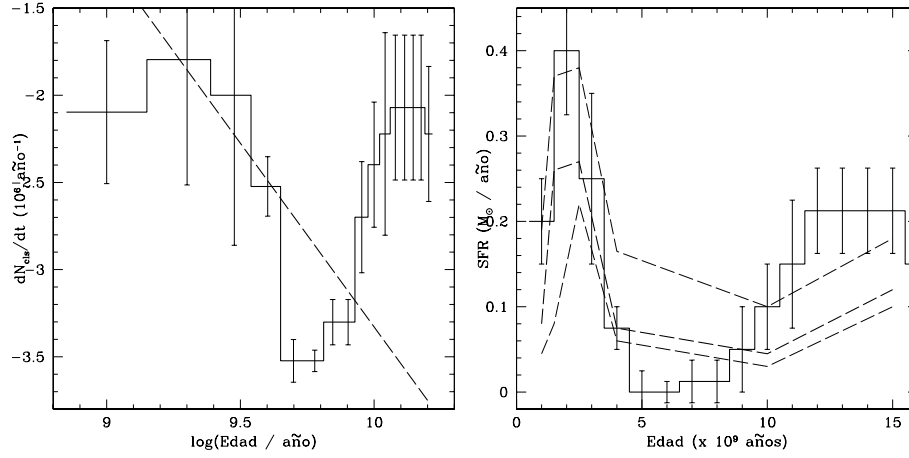


Figura 2. Comparación de la distribución de edad derivada para los cúmulos de la NMM más viejos que 10^9 años, apropiadamente escalada, con las obtenidas por de Grijs & Anders (2006) (panel superior) y Harris & Zaritsky (2009) (panel inferior). Las líneas a trazos en este último panel representan las barras de error de Harris & Zaritsky.

Tabla 1. Parámetros derivados de los cúmulos

Cúmulo ^a	E(B-V)	Edad (x10 ⁹ años)	[Fe/H]
NGC 2161	0.13	1.10 ± 0.30	-0.6 ± 0.2
SL 874	0.09	1.45 ± 0.30	-0.6 ± 0.2
KMHK 1719	0.09	1.40 ± 0.30	-0.5 ± 0.2

^a Shapley & Lindsay (1963, SL); Kontizas et al. (1990, KMHK).

Referencias

- Burstein, D., Heiles, C., 1982, *AJ*, 87, 1165
 de Grijs, R., Anders, P., 2006, *MNRAS*, 366, 295
 Geisler, D., Bica, E., Dottori, H., Clariá, J.J. et al., 1997, *AJ*, 114, 1920
 Geisler, D., Piatti, A.E., Bica, E., Clariá, J.J., 2003, *MNRAS*, 341, 771
 Geisler, D., Sarajedini, A., 1999, *AJ*, 117, 308
 Girardi, L., Bertelli, G. et al., 2002, *A&A*, 391, 195
 Harris, J., Zaritsky, D., 2009, *AJ*, 138, 1243
 Kontizas, M., Morgan, D., Hatzidimitriou, D., Kontizas, E., 1990, *A&AS*, 84, 527
 Piatti, A.E., Clariá, J.J., Ahumada, A.V., 2011, *PASP*, 123, 519
 Piatti, A.E., Clariá, J.J., Parisi, M.C., Ahumada, A.V., 2009a, *New Astron.*, 14, 97
 Piatti, A.E., Geisler, D., Sarajedini, A., Gallart, C., 2009b, *A&A*, 140, 1719
 Saha, A., Olszewski, E.W., Brondel, B. et al., 2010, *AJ*, 140, 1719
 Shapley, H., Lindsay, E.M., 1963, *Ir. Astron. J.*, 6, 74